十字花科蔬菜生產與害蟲防治研討會專刊：174～193.

十字花科蔬菜育種之研究與推廣

沈　再　發[1]

目　　錄

前言
種屬間雜交
㈠ 意義
㈡ 染色體組與人為合成品種
㈢ 種屬間雜交法
㈣ 種屬間親和性與稔性
㈤ 僞雜種之成因
㈥ 僞雜種之固定情形
㈦ 種屬間之實用化情形
利用自家不親和性以育成雜交一代品種
㈠ 意義
㈡ 自家不親和性因子之利用與採種
㈢ 本省目前之利用情形與困難
結語
引用文獻
英文摘要

摘　　要

本文介紹十字花科蔬菜等種屬間雜交與利用自家不親和性以育成雜交一代品種之育種概要，以供育種之參考，文中並指出目前之利用情形與困難。

前　　言

十字花科植物包括有 51 屬，計約有 218 種（表一）。其中蕓苔屬(Brassica) 就有 37 種，為最多者(19)。本科內包括許多重要之蔬菜、油菜、飼料及藥用作物，尤其蕓苔屬 (Bras-

1. 臺灣省農業試驗所研究員兼鳳山熱帶園藝試驗分所分所長。

sica）和蘿蔔屬(Raphanus) 為全類中最重要之二屬。因其染色體數之變異，有許多之異數性及二次的倍數性，成為核遺傳及系統遺傳學的重要研究對象。特別是蕓苔屬最為顯著，各種染色體數幾乎成為連續的變異。並且每種 (species) 內包括着很多栽培類型或亞種(subspecies) 。以甘藍類或白菜類為例 (表二、表三) 。

表一、 十字花科植物之屬名及其所含種數目（*表異質共存體）
Table 1. Genera of the tribe *Brassiceae* (*Cruciferae*) with indication of the tentative numbers of species they contain. The existence of heterocarpy is indicated with an asterick (*).

Ammosperma (1)	**Erucaria* (8)	*Pseuderucaria* (3)
Boleum (1)	**Erucastrum* (11)	*Pseudofortuynia* (1)
**Brassica* (37)	*Euzomodendron* (1)	*Psychine* (1)
**Cakile* (7)	**Fezia* (1)	*Quezelia* (1)
Carrichtera (1)	**Foleyola* (1)	**Raffenaldia* (2)
**Ceratocnemum* (1)	**Fortuynia* (2)	**Raphanus* (3)
Chalcanthus (1)	**Guiraoa* (1)	**Rapistrum* (2)
Conringia (6)	**Hemicrambe* (2)	**Reboudia* (2)
**Cordylocarpus* (1)	**Hirschfeldia* (2)	*Rytidocarpus* (1)
**Crambe* (31)	**Hutera* (12)	*Savignya* (2)
**Crambella* (1)	**Kremeriella* (1)	*Schouwia* (2)
**Didesmus* (2)	*Moricandia* (8)	*Sinapidendron* (4)
**Diplotaxis* (20)	**Morisia* (1)	**Sinapis* (7)
Douepia (1)	**Muricaria* (1)	*Succowia* (1)
**Enarthrocarpus* (5)	**Otocarpus* (1)	**Trachystoma* (3)
**Eremophyton* (1)	*Oudneya* (2)	*Vella* (3)
Eruca (4)	**Physorrhinchus* (2)	**Zilla* (2)

表二、 主要甘藍類之栽培類型
Table 2. The main cultivated forms of *Brassica oleracea*

中名 Chinese name	英名 English name	拉丁名 Latin name
普通甘藍	White cabbage	*B. O. var. capitata L. f. a.* DC.
赤甘藍	Red cabbage	*B. O. var. capitata L. f. rubra (L) Thell.*
縮葉甘藍	Savoy cabbage	*B. O. var. sabauda L.*
花椰菜	Cauliflower	*B. O. var. botrytis L. subvar. cauliflora DC.*
青花菜	Sprouting broccoli	*B. O. var. botrytis L. subvar. cymosa Lam.*
抱子甘藍	Brusels sprouts	*B. O. var. gemmifera DC.*
球莖甘藍	Kohlrabi	*B. O. var. gongylodes L.*
芥藍	Kale	*B. O. var. acephala DC.*

表三、 主要白菜類之栽培類型

Table 3. The main cultivated forms of chinese cabbage

中名 Chinese name	英名 English name	拉丁名 Latin name
非結球性	Non-heading type:	
小白菜	Pe-tsai	*B. chinensis* L.
油菜	Oriental rape	*B. campestris* L.
長梗白菜	Mock pak-choi	*B. parachinensis* Baily.
烏塌菜	Uta-tsai	*B. narinosa* Baily.
蕪菁	Turnip	*B. rapa* L.
水菜	Mizuna	*B. japonica* Sieb.
結球或半結球性	Heading or semi-heading type:	
包頭白菜	Chinese head cabbage	*B. pekinensis* var. *cephalala* Tsen at Lee.
直筒白菜	Upright cylindrical chinese cabbage	*B. pekinensis* var. *cylindrica* Tsen at Lee.
花心白菜	Flowery hearted chinese cabbage	*B. pekinensis* var. *laxa* Tsen at Lee.

屬此類主要蔬菜通常為異交作物，在育種上可採用集團選拔法 (Mass selection) 、母系選拔法 (Family selection) 、全互交配 (Diallel cross) 、回交 (Back cross) 、倍數性 (Polyploidy)，種屬間交配 (Inter-specific and -generic crosses) 及利用自交不親和性以育成雜交 F_1 品種等法。現就較重要之種屬間雜交及利用自交不親和性育成雜交 F_1 介紹於後。

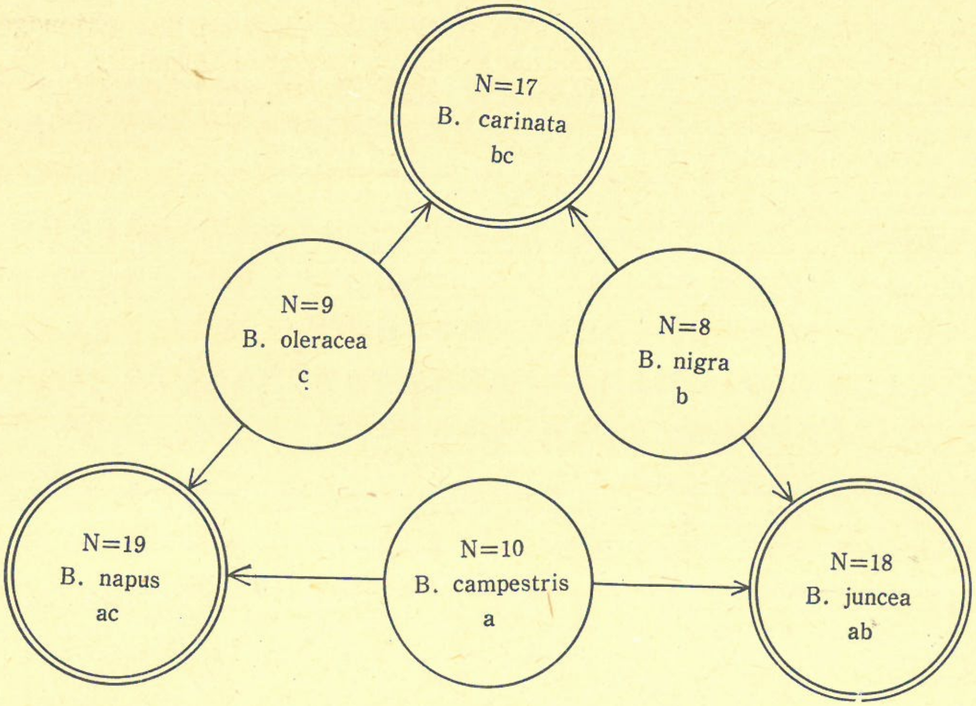
種屬間雜交

(一) 意 義

一個優良品種需有優良遺傳因子之蓄積。此遺傳因子在原有之品種系統內選拔時用分離育種法，同一種內之數品種選拔時可用雜交育種法。但是一種內的遺傳因子之變異有所限制，欲育成品種的遺傳因子組合能力也有限。種屬間雜交係自異種屬導入有用之遺傳因子，為種內雜交所無法得到的形質。此種屬間雜交除二種親本之特性均等的併合一起，以種屬間雜種直接利用外，也可以原作物品種之一或二缺點，利用他種屬所發現具有的有用形質（耐病蟲性等）之因子導入。

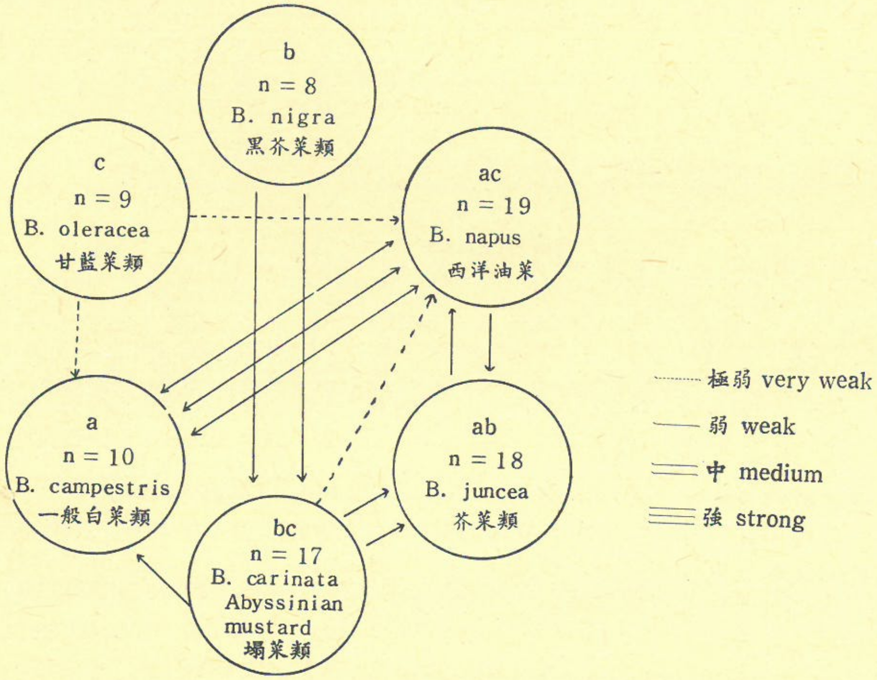
(二) 染色體組與人爲合成品種

Moringa 與 U[11,31,32,33,34,35,36,37,38,48] 根據染色體組與其相互種間交配後所得雜種，觀



圖一、 蕓苔屬之 Genome 關係

Fig 1. The genomic relationship of *Brassica*

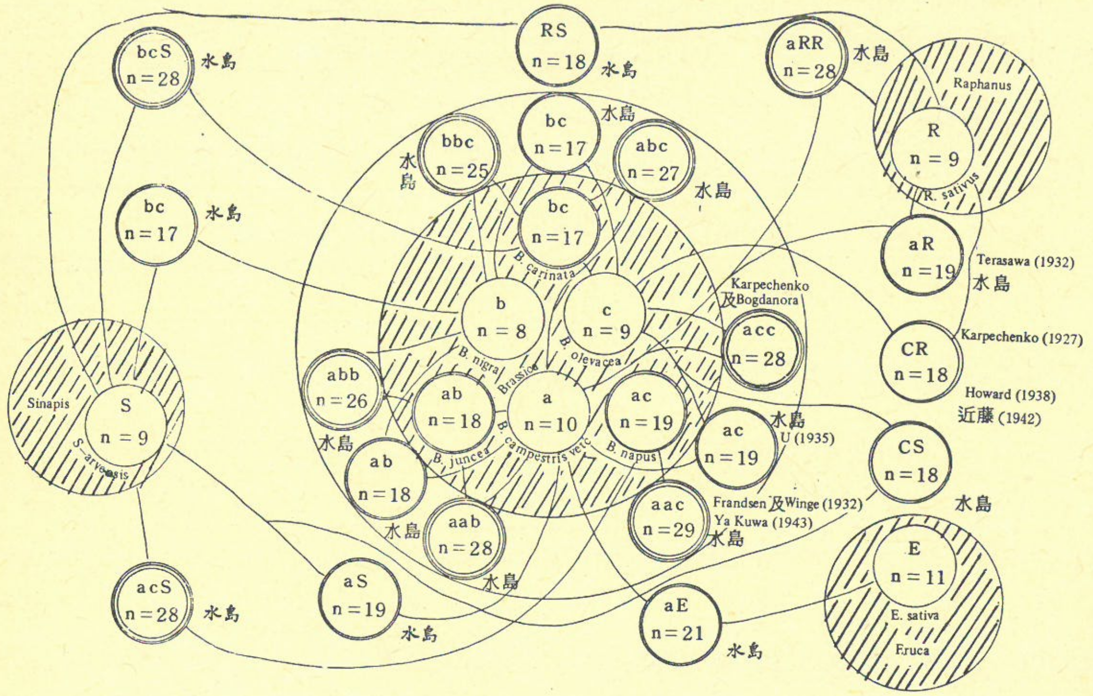


圖二、 蕓苔屬之染色體組與交配親和性情形

Fig. 2. Genome and cross-compatibility of *Brassica*

察染色體配對之結果，將 Brassica n=8(b), 9(c) 及 10(a) 以一基種染色體組 (Monogenome) 來表示。n=17, 18 及 19 為二基種染色體組 (Digenomeor Amphidiploid) 複合而成，即 bc, ab, ac 所組成（圖一）。之後由染色體數不同之種間雜交，證明了 Brassica 屬內之異質倍數性之存在。 而 Brassica 屬內種間[1,28,29,31,33,34,35,36,37,38,48] 及 Brassica 與 Raphanus 之屬間雜交[17,18,25,26,27,45,46] 也很早就有此研究。細胞學上觀察此等屬間雜種的染色體配對情形，證明 Raphanus 之染色體組 R 與 Brassica 之 a 、b 和 c 有部分相同的關係，也即可能R與 a 、b 、c 源自同一染色體組進化而來的[18,20]。

有關人為合成種屬間品種，除種屬間本身具交配親和性，在自然或人為選拔下可形成許多新品種外，另以人為異質倍數體之育成方面，也有許多之成就（如圖三）。但有關此種屬間雜交之親和性及稔性問題再分述於後。



註：染色體數以 n 表示。 Number of chromosomes indicated with n.
斜線圓內係自然種。 Circles with shade denote the natural species.
異質倍數體係由人為或自然形成，二元四倍體為二重圓、二元及三元六倍體為三重圓表示。 Alloploid occurred by artificial synthesis or natural species, digenomic tetraploid denotes with two circles, di- and tri-genomic hexaploid denote with three circles.

圖三、 人為異質倍數體之育成[5]
Fig. 3. Artificial synthesis in alloploid of Brassiceae.

（三）種屬間雜交法

種屬間雜交育種目前以 *B. campestris* (2n=20) × *B. oleracea* (2n=18) 合成 *B. napus* (2n=38)，*R. sativas* × *B. oleracea* (2n=18) 合成 Raphanobrassica (2n=36) 及 *B. campestris* (2n=20) × *R. sativas* (2n=18) 合成 Brassicoraphanus (2n=38) 育種較多（圖四）。有關人為合成法以 *B. napus* 為例，Andersson 與 Olsson (1959) [16] 推測有下列途徑：

(1) 完全合成種之方法：

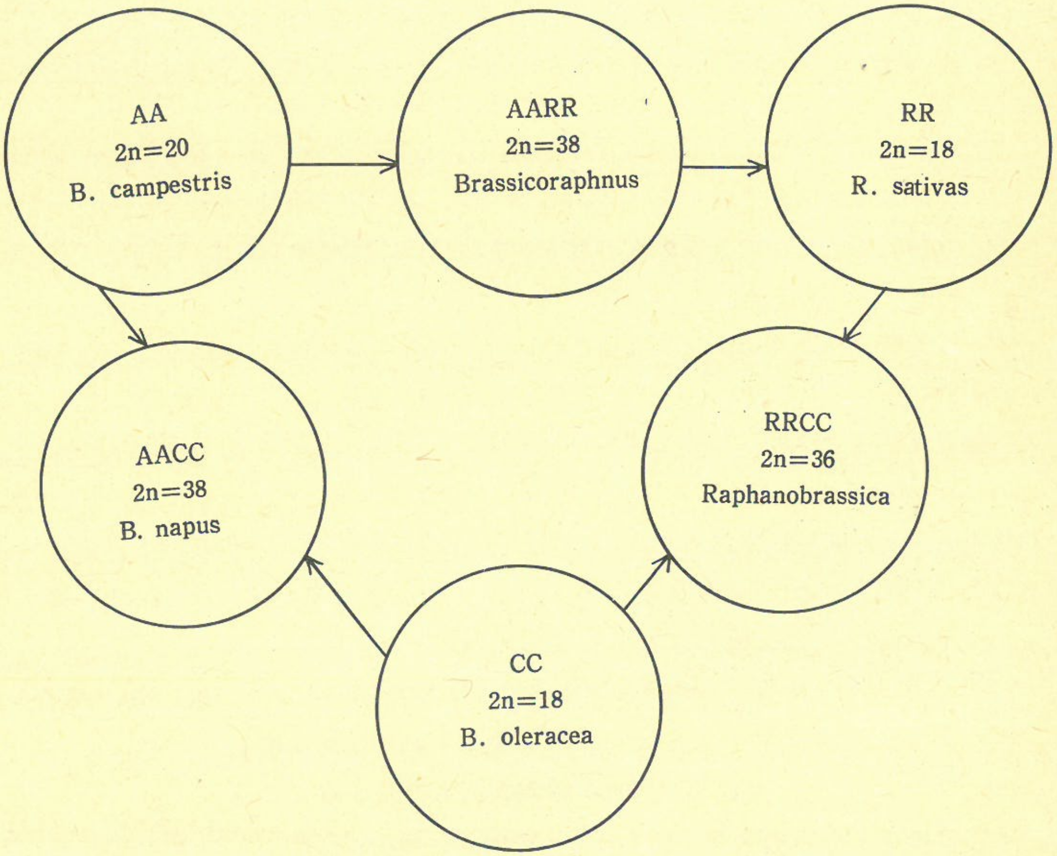
(A) 二倍體個體間之正反交配：

ⓐ 以 2n=19(ac) 之 F_1 形成非還元配偶子，而生成 2n=38(aacc) 之 F_2 植物。

ⓑ 以秋水仙素處理誘成 2n=38(aacc)。

ⓒ 由 endomitosis（核內分裂）使 F_1 形成 2n=38。

(B) 四倍體個體之正反交配：通常之育種法。



圖四、 主要之人為合成菜類之染色體組

Fig. 4. Main artificial synthesis in genomes of Brassiceae.

(C) 二倍體與四倍體之交配使形成 acc，aac或 aacc 個體。

(2) 半合成種之方法：

(A) 2n=19(ac) 之 F_1 形成非還元減數卵，以自然之 napus 花粉交配作成。

(B) 自然之 napus 逐漸導入新的 campestris 或 oleracea 之 Genome:

ⓐ 首先 napus 以其基本種的 campestris 或 oleracea 行交配作成 aac 或 acc。此種非減數配偶子以 oleracea (c) 交配或以 campestris (a) 交配作成 aacc。

ⓑ 以前項之 aac 或 acc 植物，行秋水仙素處理倍加，此複合二倍體 aaaacc 或 aacccc 植物，以 oleracea (c) 或 campestris (a) 交配以作成 aacc。

(四) 種屬間親和性與稔性

Sinskaia (1927,28) [42,43] 行廣泛的 *Brassica* 種間之雜交檢討交配親和性關係。水島 (1952) [5] 以 *Brassica, Sinapis, Eruca* 及 *Raphanus* 四屬行廣泛之種及屬間交配，並將此屬間雜種行染色體倍加成複合二倍體行遺傳育種學之研究，並歸納交配之結果如下：

(1) 種間之交配不一定全比屬間交配有較高之親和性。如 *R. sativus* 和 *B. oleracea* 之屬間雜交比、*B. campestris* 和 *B. oleracea* 之種間雜交具親和性。

(2) 同一 Genome 之交配，其兩親本之品種或個體之差異，其雜交親和性有很大的差別。

(3) 二基種與其所構成之 Genome 之一的一基種行雜交時，此一基種之 Genome 之異，其親和性有很大差別。

(4) 親和性很低之種或屬間雜交得到很少的雜種外，常有與♀親本同樣的二倍性偽雜種 (False hybrid) 出現。

(5) 雜種所得到之種子比偽雜種種子為小，其長徑及短徑約為偽雜種之 70% 以下。

(6) 2N 種屬間雜交時，常有父或母本之 Genome 重複而成三倍性雜種發生。

通常種屬間雜交親和性低，種子稔性也低或無。例如人為合成 napus 時，campestris 和 oleracea 之交配其所獲得之雜種數很少，而需要行大量的交配。細田 (1961) [12] 為增加種間雜交率，經試驗結果認為：

1. 接木法：以 cc 為砧木嫁接 aa 接穗，再以 cc 之花粉交配，無得到雜種。而以 aa 為砧木接上 cc，再以 aa 之花粉交配可得到雜種。
2. aa 為母本，交配前花柄注入硼酸水溶液 100 ppm，再以 cc 花粉交配，可得到雜種。
3. 2N 之 aa 為母本，以 4N 之 cccc 行受粉，也可得到雜種。
4. cc 為母本，以 aa 花粉行交配，結莢良好者行胚培養。

其他也可利用中間雜交植物之利用，例如 *R. sativas* 與 *B. oleracea* 對 *B. carinata* 與 *B. napus* 之雜交很困難，以 *R. sativas* 與 *B. oleracea* 之複合二倍體 Raphanobrassica 則很容易與 *B. carinata, B. napus* 雜交 (Karpechenko 1937) [28,29,30]。

（五）偽雜種之成因

有關偽雜種之可能引起之原因可列出如下數項：

(1) 真正雜種而母本之形質表現完全為顯性。

(2) 除雄作業未徹底而自交受精或由隣花受粉所引起。

(3) 雄核未受精，其中心細胞（極核合一而成）發達成之二倍性胚。

(4) 母本個體之營養組織（珠心等）之異常胚所發生。

(5) 正常之半數性卵的染色體倍加所形成之單為生殖發達而成。

(6) 異常分裂所形成之三倍性卵之單為生殖發達而成。

十字花科之所發生之成因，以最後二者之可能性為大。U (1935) [48] 認為 Brassica 之二倍性，並不是非還元性配偶子所形成。偽雜種之成因由異種花粉之刺激，半數性卵於卵細胞分開之初期染色體倍加，而形成的二倍性單為生殖。由此染色體倍加之卵，再與雄核結合時，母本則形成三倍性雜種。父本之 Genome 倍加之三倍性雜種則由卵核與二個雄核之 triple fusion 形成。Röbbelen (1966) [41] 以 *B. oleracea, B. campestris* 及 *B. napus* 相互雜交結果，親和性低之組合產生較多之偽雜種、親和性高之組合則母本之 Genome 重複之三倍性雜種出現頻度增加。

（六）偽雜種之固定情形

有關十字花科蔬菜偽雜種的固定情形，如戶刈・菅野 (1950) [6] 以 *B. napus*（♀）× 聖護院蘿蔔（♂）結果：由同一母本所誘導之系統間，其形質差異性大。而行 *B. napus* 之自交受粉者則其系統無此變異性。伊藤、治田、光島 (1949) [8] 以芝罘白菜、京都白菜3號為母本，分別以葉牡丹和聖護院蘿蔔為父本交配結果，則發現偽雜種所繁殖個體間之變異少，所得系統具整齊性，而也有數系統後代形質，也有分離現象。另 Röbbelen (1966) [41] 以 *B. oleracea* 之紅色莖葉系統 (RR) 與綠色系統 (rr) 的雜種 (Rr)，用 *B. campestris* 為父本行受粉，在 54 個體的偽雜種中，紅：綠為 26：28（約 1：1），其後代之系統，未見有分離現象，皆為 Homo。還有西 (1964) [7] 以 *R. sativas* 之白色根品種與紫色根品種之 F_1 為母本，以各種 *Brassica* 行授粉，在 47 個體偽雜種中紫色：白色為 23：24。白色根之次代全為白色根。紫色根之次代則除有紫色外，尚有不完全着色個體出現。因此，在目前所得資料內有表示分離者，也有表固定者，育種上利用偽授精以達到固定的有效方法，似尚感不安定。

（七）種屬間之實用化情形

在實際實用化者如結球白菜軟腐病抵抗品種"Hiratsuka 1 號"之育成（清水、金澤等，1962) [44]，係利用由 *B. campestris* × *B. oleracea* 之雜種西洋油菜 (*B. napus*) [12]，將

其抗病性導入結球白菜內。又如西貞夫（1980）[40]之白藍菜之育成，係利用結球白菜與甘藍以人為合成結球性之 *B. napus*。此白藍菜具結球白菜之多汁、多軟、纖維少，同時具有甘藍之甜味、耐熱，又對於軟腐病有較強的抵抗性。生井、細田（1967）[39]以蕪菁(a)×球莖甘藍(c)人為合成耐寒、高產之瑞典蕪菁（Rutabagas）。

其他十字花科抗根瘤病等抗病育種、自交不親和性、細胞質雄性不稔和性狀之轉移等方面許多之研究者，正從事該項種屬間育種工作。

利用自家不親和性以育成雜交一代品種

（一）意　義

健全之花於行自交或其特定系統間的授粉時，却不產生結實之現象，此種不親和性係由 S-alleles 存在所形成。在一個族群中行自交數代後可以分離出許多不親和性因子。這些同位於單因子座上的因子稱為 S-alleles。

此種利用自交系內相互交配為不親和性（Sib-incompatibility）的兩個自交系，其雜交為親和性者（Cross-compatibility），在自然條件下以媒介昆蟲行授粉，達到雜交一代品種的育種方法。此法育成之品種具備有下列優點：

(1) 雜種優勢性。
(2) 整齊性。
(3) 永續性。
(4) 種子易生產性。

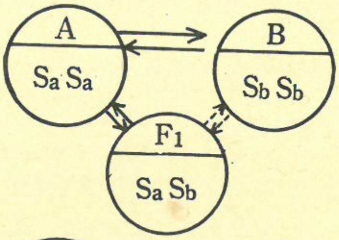
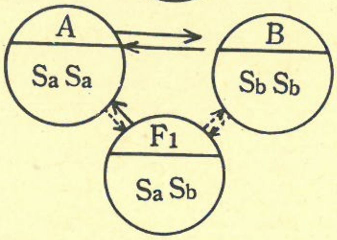
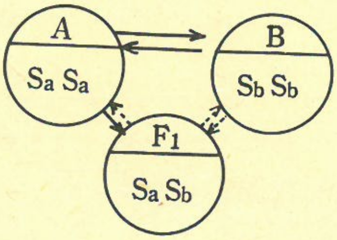
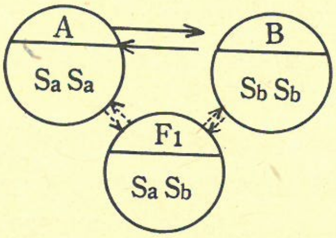
許多之生態特性如耐病性、抗蟲性、耐熱性、耐寒性、高溫結球性、低溫結球性、晚抽性、早熟多收性、耐旱性、耐濕性等可利用二系統之雜交得到此特性。十字花科蔬菜為異花授粉作物為主，形質之整齊性難能一致。由集團選拔之品種，因個體間有不同因子之集團，如栽培地或時期不同時常因環境之變化，其遺傳因子之環境反應也發生變化，而不能達到整齊性。而該項之增殖時，也常因育種者或年限之不同，而產生品種之特性逐漸變異的情形。為要提高此整齊度，自交後可行形質上相同者之選拔。可是自交若干代後，雖然形質上達固定，其生長勢却發生衰弱，所謂自交弱勢現象，同時有採不到種子的自交不親和性發生。因此利用不同系統特性相互交配成一代雜種，不僅性狀之整齊（整齊性），同時增加了雜種優勢性。由於兩親本皆為純系，每年用同樣親本所採取之種子，皆為相同之一代雜種（永續性）。此一代雜種為隔行種植不同親本，利用蜜蜂授粉，在種子生產上當是輕而易擧的（種子易生產性）。

（二）自家不親和性因子之利用與採種

十字花科之不親和性屬胞子體型(Sporophytic type)。為兩親本植物胞子體的 S-alleles 相互關係所決定。異於煙草、百合等之配子體型（Gametophytic type），為兩親本的配子

體所決定。因此除相同因子間交配為不稔性外（如 $S_1S_2 \times S_1S_2 \rightarrow$ 不稔性），$S_1S_2 \times S_1S_3$ 也為不稔性（如為配子體時 $S_1S_2 \times S_1S_3$，可產生 S_1S_3，S_2S_3）。同時，S-alleles 的因子間發現有顯隱性存在。同因子在花粉和柱頭之間的顯隱性關係亦不同。治田（1962）[21] 廣泛行十字花科蔬菜自交與雜交不親和性之遺傳研究，歸納而成四種遺傳型，可達實際應用（如表四

表四、 十字花科蔬菜的自交及雜交不親和性遺型分類表（治田，1962）[21]
Table 4. Classification of mode of inheritance for self and cross incompatibility in cruciferous vegetables.

遺傳類型別 Mode of inheritance	不親和性關係 Incompatibility relationship	複相對因子顯隱性關係 Dominance relationship between alleles ♀	♂
I		Sa < Sb	Sa < Sb
II		Sa ： Sb	Sa < Sb
III		Sa < Sb	Sa ： Sb
IV		Sa ： Sb	Sa ： Sb

······ 交配不親和性 Cross incompatible
—— 交配親和性 Cross compatible
⟶ 交配之方向 Arrow indicates direction of pollination

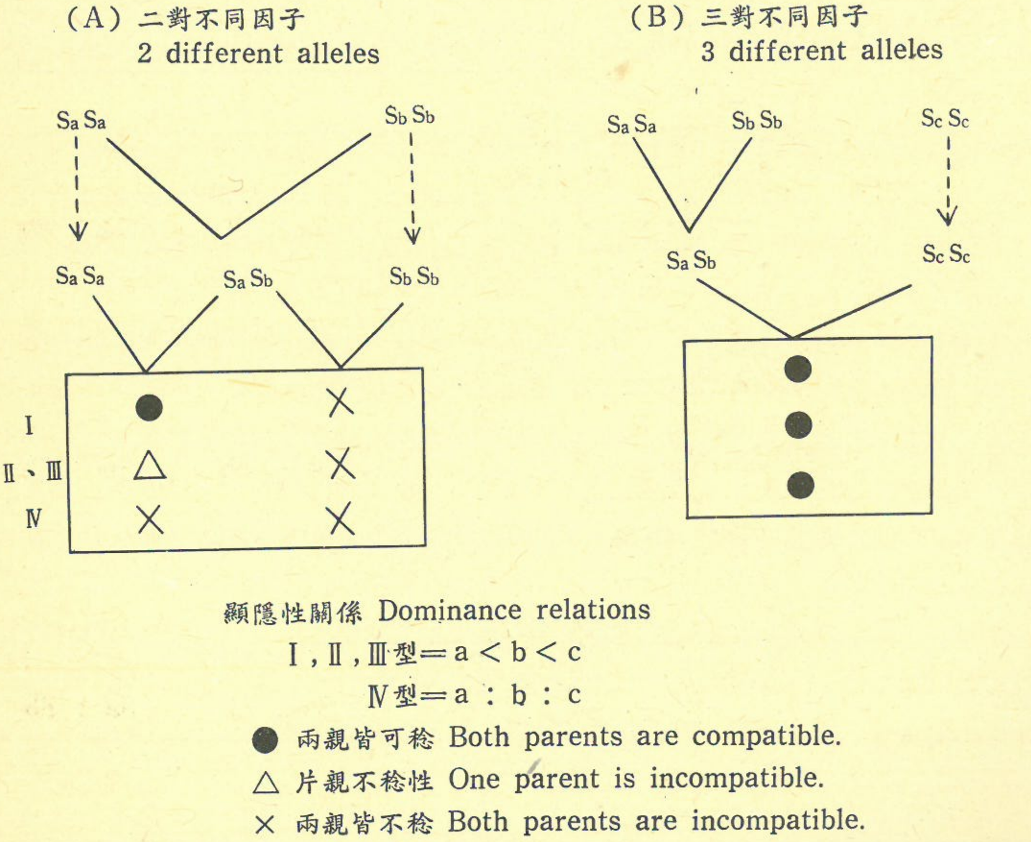
）。茲將其利用於三雜交（Three way cross）和双雜交（Double cross）之情形，分別以圖表示之（圖五—A、B和圖六—A、B）。

上述係理論上 S-複相對因子呈直線式顯性關係（Sa<Sb<Sc<Sd）所做模式為例。但是所分離之 S-複相對因子，難能有如此理想的獲得。Thompson 和 Taylor (1966)[47] 從芥藍分離許多之 S-alleles，除表現同一因子在柱頭與花粉表現不具有相同的顯隱性位置外，其因子之間並不呈直線式，尤其在柱頭的表現比花粉上更為明顯（如圖七）。

（三）本省目前之利用情形與困難

在十字花科蔬菜上的甘藍、結球白菜、抱子甘藍、青花菜、花椰菜等大都利用此自家不親和性之一代雜種。本省栽培甘藍、結球白菜等，幾乎全為雜交一代品種。除青花菜、花椰菜及少數結球白菜外大部份種子自日本進口。

此雜交 F_1 之育種，自育種目標之確立後，育種材料之收集分離（2～3 世代）、系統選

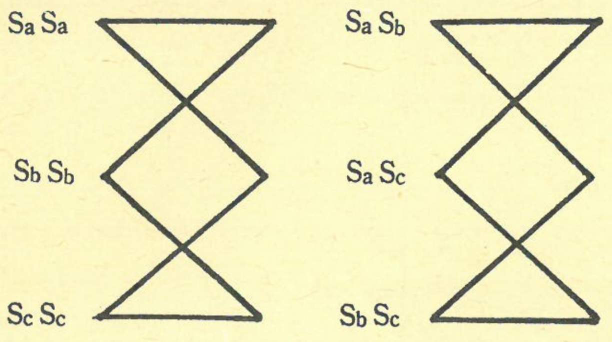


圖五、 三雜交與不親和性複相對因子之利用

Fig. 5. Utilization of incompatibility alleles and production of three-way cross

A. 三對不同因子 3 different alleles

親本之因子型 Genotypes of parents	Genotypes of F_1	双雜交之稔性/型 Fertility in double cross./Type I	II	III	IV
S_aS_a	S_aS_b	●	●	●	×
S_bS_b	S_aS_c	●	△	△	×
S_cS_c	S_bS_c	×	×	×	×



顯隱性關係 Dominance relation　I，II，III型 a＜b＜c　IV型 a：b：c

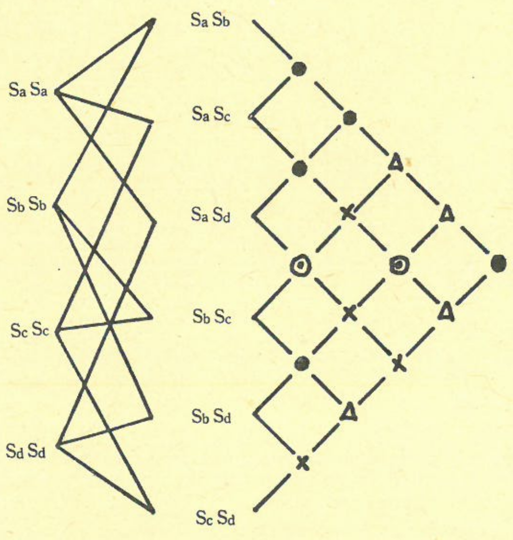
● 兩親皆可稔 Both parents are compatible

△ 片親不親性 One parent is incompatible

× 兩親皆不稔 Both parents are incompatible.

B. 四對不同因子 4 different alleles

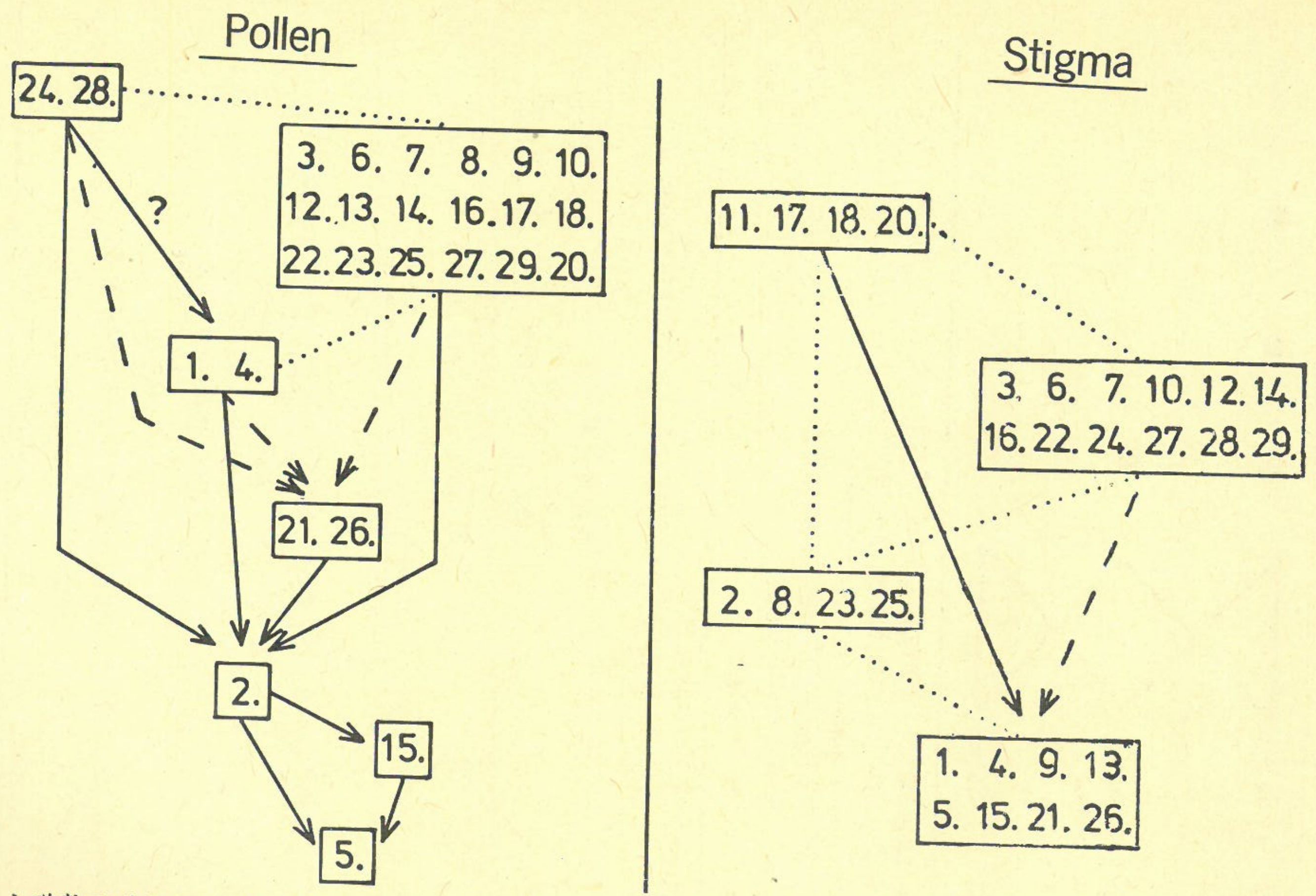
因子型 Genotypes: 親本 Parent, F_1s — 双雜交之稔性 Fertility in Double Cross



兩親所用之子型 Genotypes of F_1S used in the cross	型 Type I	II	III	IV
⊙ 無相同複相對因子 no common alleles involved	F	F	F	F
● 相同複相對因子為隱性 Common allele is recessive	F	F	F	S
△ 相同複相對因子，一為顯性，一為隱性 Common allele is dominance in one and recessive in the other	F	F,S	F,S	S
× 相同複相對因子皆為顯性 Common allele is dominance in both	S	S	S	S

圖六、　利用不親和性複相對因子於双雜交生產

Fig. 6.　Double cross production by using incompatibility alleles



↘ 上群對下群表顯性 Dominance of upper over lower group.

⇢ 群間異質結合為獨立性或上群對下群表顯性 S allele heterozygotes between group show either activity of both alleles or alleles from upper dominant to lower group.

⋱ 双方複相對因子為獨立性 Both alleles active.

圖七、 S 複 相 對 因 子 群 之 顯 性 關 係 排 列 位 置

Fig. 7. Groups of S alleles arranged spatially in accordance with their dominance relationships.

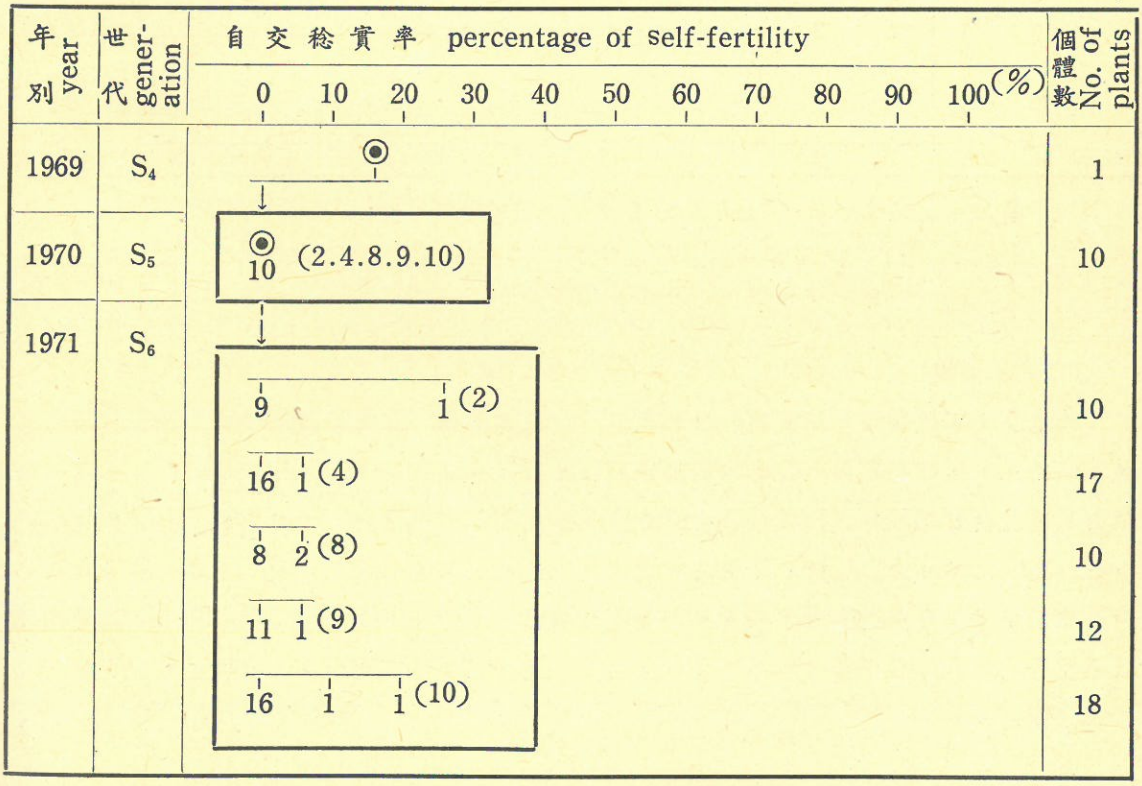
拔（1世代）、兩親組合之決定（一世代），諸形質固定（二～四世代），次代之檢定及試驗採種（一世代）以及原原種之繁殖或原種採種到販賣種子之採種，總得要十年以上的時間，最早也得需七～八年。因此育種工作除要許多材料、場所外，更要年限。同時在育種採種上，本省有幾項困難：

(1) 低溫不足以誘導開花，許多之材料無法利用：

有許多甘藍、結球白菜等品種開花，需要 7～8°C 以下溫度有一～二個月的期間才能足以開花。而本省平地之冬季最低的一、二月份平均氣溫為 14～15°C（種苗場），沒有達到所需求溫度，因此不能開花。在有限能開花品種內行分離所能得到有用的 S-alleles 受到限制。同時可用良好性狀的來源也少。

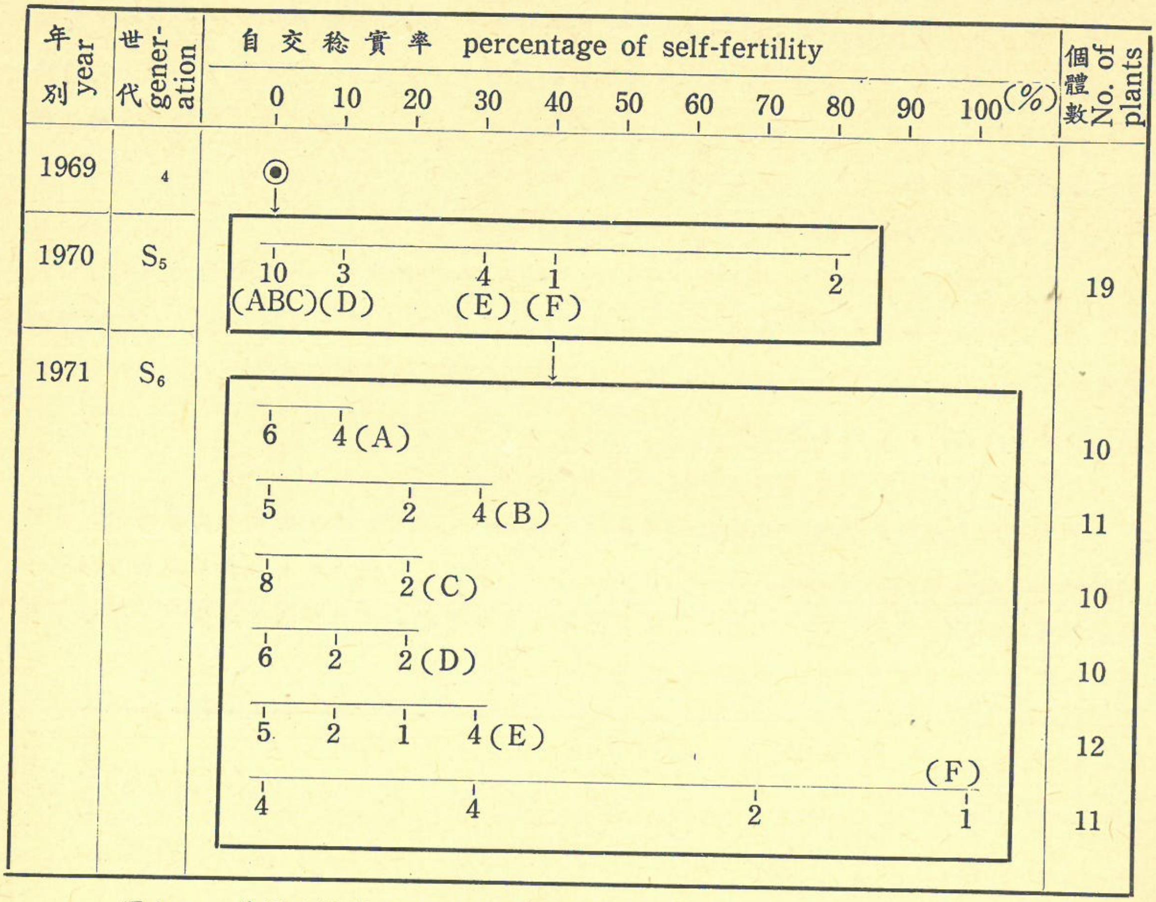
(2) 早生品種中常不具有 S-alleles，或不能固定現象：

早生品種為熱帶或亞熱帶地區之品種育種目標之一。但是如極早生或早生花椰菜之連續分離數年，並無找到任何不親和性因子存在（作者未發表）。同時也有自交不親和性個體，其分離之後代除表現固定外，也有些個體其分離有自交不親和與自交親和之後代，顯示不能達到固定，例如本省之葉深甘藍就有此現象（圖八和九）[1]。



圖八、 葉深甘藍系統 1-2-2-2 之自交稔性情形

Fig. 8. The percentage of self-fertility of the progenies of Yehsen line 1-2-2-2 after segregation.



圖九、 葉深甘藍 D-1-0-6 之自交稔性情形

Fig. 9. The percentage of self-fertility of the progenies of Yehsen line D-1-0-6 after segregation.

(3) Sibs 問題：

兩個自交不親和性，雜交親和性的親本，以昆蟲為媒。然而昆蟲之授粉，不僅行彼此二親本間而已，同時也行同一親本內的個體間授粉（兄妹間授粉 Sib-pollination）。和同一個體內不同花的自花授粉（Self-pollination），如果親本不具有穩定的自交和兄妹間雜交不親和性（Sib-incompatibility），遇有不適環境下採種（如高溫或高濕等）不親和性易被環境所打破，變成了自交親和性，而產生非雜交性種子，所謂 Sibs[2,22,23]。如果 Sibs 比率高時就不整齊與不具雜種優勢。本省之葉深甘藍系統對於高溫呈不穩定性，同時老花也有僞稔之存在（如表五）。

結　　語

本文介紹十字花科蔬菜種屬間雜交與利用自家不親和性以育成雜交一代品種之育種概要

表五、 不同溫度與花齡對葉深甘藍自交不親和性系統 21D-2-1-1-2-1-1 自交的影響（平均每花柱內伸入花粉管數目）

Table 5. Effect of temperature and stages of flower on self-incompatibility line 21D-2-1-1-2-1-1 of Yehsen cabbage. (mean number of pollen tubes penetrated in style)

溫 度 temperature	花 齡 Stages of flower				
	一 天 first day	二 天 second day	三 天 third day	四 天 fourth day	五 天 fifth day
15°C	2.2	2.6	7.6	4.9	10.1
20°C	3.3	6.0	12.3	13.5	17.5
25°C	14.3	18.0	27.3	25.0	29.0
30°C	15.6	15.0	25.0	31.7	26.0
35°C	5	5	—	—	—

，以供育種之參考。

引用文獻

1. 沈再發 1972 葉深系統之研究 中國園藝 18(4)：197—201.
2. 沈再發、廖公益 1975 影響葉深甘藍自交不親和性之因素及其自交不親和性之打破 農林廳種苗繁殖場試驗報告第四輯 13—22.
3. 陳敏祥 1960 十字花科蕓苔屬植物的種屬間雜交育種 中華民國留日同學會主篇學術論文輯 124—131.
4. 胡昌熾 1962 菜屬蔬菜之分類 中國園藝 8(2)：5—23.
5. 水島宇三郎 1952 アブラナ類の核遺傳學的研究 日本東北大學遺傳育種研究室 pp. 1—112.
6. 戸苅義次、菅野考己 1950 單為生殖誘導に依り育成した菜種品種の倒伏性に就いて 育種研究 4：85—90.
7. 西貞夫、栗山尚志、平岡達也 1964 アブラナ科蔬菜の種間および屬間交雜に關する研究 I. Pseudogamy による傾母雜種 (matroclinous hybrid) の利用について 日本園試報告 3：161—250.
8. 伊藤庄次郎、治田辰夫、光島豊 1949 Pseudogamyの誘起と不和合性による結球白菜の育種成績 日本園藝學會雜誌 18(3,4)：166—182.
9. 近藤典生 1942 *Raphanus sativas* (4x) と *Brassica oleracea* (4x) との交雜により合成された Raphano-brassica 遺傳學雜誌 18：126—129.
10. 柴田昌英 1958 菜種編 東京養賢堂 p. 82.
11. 禹長春 1934b *B. campestris* L. と *B. oleracea* L. との雜種に於ける細胞遺

傳學的研究 Jap. J. Gen., 9：159—160.
12. 細田友雄 1961 ブラシカ屬内ゲノム合成によるナプス型作物の育成に關する研究 日本東京教育大學農學部紀要第7號 1—94.
13. 熊澤三郎 1965 蔬菜園藝各論 東京養賢堂 p. 387.
14. 德增智 1968 偽受精と育種 日本育種學最近の進步第九輯 3—12.
15. 藤井健雄 1972 蔬菜園藝學各論 東京養賢堂 p. 250.
16. Andersson, G. and G. Olsson. 1959. Cruciferen-Ölpflanzen. Handb. pflanzen., 2 Aufl., Bd. V: 166.
17. Fukushima, E. 1929. Preliminary report of *Brassica-Raphanus* hybrids. Proc. Imp. Acad. Jap.. 5:48—50.
18. Fukushima, E. 1945. Cytogenetic studies on *Brassica* and *Raphanus*. I. Studies on the intergeneric F_1 hybrids between *Brassica* and *Raphanus*. J. Dept. Agric. Kyushu Imp. Univ. 7:281—400.
19. Gomez-Campo, C. 1980. Morphology and morpho-taxonomy of tribe. *Brassica*. *Brassica* crops and wild allies. Japan Scientific Societies Press, Tokyo. P. 5.
20. Haga, T. 1938b. On chromosomes in the genus *Brassica*. Jap. J. Gen. 14: 74—90.
21. Haruta, T. 1962. Studies of self-and cross-incompatibility in cruciferous vegetable. Takiipl. Breed. Exp. Stn. Kyoto. Japan. Res. Bull. No. 2. 1—169.
22. Johnson, A. G. 1971. Factors affecting the degree of self-incompatibility in inbred lines of Brussels sprouts. Euphytica, 20:561—573.
23. Johnson, A. G. 1972. Some cause of variation in the proportion of selfed seed present in F_1 hybrid seed lots of Brussels sprouts. Euphytica, 21: 309—316.
24. Karpechenko, G. D. 1922. The number of chromosome and the genetic correlation of cultivated Cruciferae. Bull. Appl. Bot. Gen. Pt. Breed., 13(2):3—14.
25. Karpechenko, G. D. 1927. Hybrids of *Raphanus sativus* L. × *Brassica oleracea* L. J. Gen., 14:373—396.
26. Karpechenko, G. D. 1924. Hybrids of *Raphanus sativus* L. × *Brassica oleracea* L. J. Gen., 14:373—396.
27. Karpechenko, G. D. 1927. Polyploid hybrids of *Raphanus sativus* L. × *Brassica oleracea* L. Bull. Appl. Bot. Gen. Pt. Breed., 17 (No, 3) 305—410.
28. Karpechenko, G. D. 1937. Increasing the crossability of a species by doubling its chromosome number. Bull. Appl. Bot. Gen. Pt. Breed., 7,

37—51.

29. Karpechenko, G. D. 1937. Experimental production of tetraploid hybrids *Brassica oleracea* L. × *Brassica carinata* Al. Braun. Bull. Appl. Bot. Gen. pt. Breed., 7:53—68.

30. Karpechenko, G. D. 1937. Reciprocal hybrids between *Raphano-brassica* and tetraploid cabbage. Bull. Appl. Bot. Gen. Pt. Breed., 7:447—453.

31. Morinaga, T. 1928. Preliminary note on interspecific hybridization in *Brassica.* Proc. Imp. Acad. Jap. 4:620—622.

32. Morinaga, T. 1929. Interspecific hybridization in *Brassica* I. The cytology of F_1 hybrids of *B. napella* and various species with 10 chromosomes. Cytologia, 1:16—27.

33. Morinaga, T. 1929. Interspecific hybridization in *Brassica* II. The cytology of F_1 hybrids of B. *cernua* and various other species with 10 chromosomes. Jap. J. Bot., 4:277—289.

34. Morinaga, T. 1929. Interspecific hybridization in *Brassica* III. The cytology of F_1 hybrids of *B. cernua* and *B. napella* J. Dep. Agr. Kyushu Imp. Univ. 2:199—205.

35. Morinaga, T. 1931. Interspecific hybridization in *Brassica* IV. The cytology of F_1 hydrids of *B. carinata* and some other species with 10 chromosomes. Cytologia, 3:77—83.

36. Morinaga, T. 1933. Interspecific hybridization on *Brassica* V. The cytology of F_1 hybrids of *B. carinata* and *B. albograbra.* Jap. J. Bot., 6:467—475.

37. Morinaga, T. 1934a. カッオ菜と *Brassica napus* との染色體數及び兩者の雜種とその子孫の一系統に就て. Jap. J. Gen., 9:161—163.

38. Morinaga, T. 1934b. Interspecific hybridization in *Brassica* VI. The cytology of F_1 hybrids of *B. juncea* and *B. nigra.* Cytologia, 6:62—67.

39. Namai, H., M. Sarashima, and T. Hosoda. 1980. Interspecific and intergeneric hybridization breeding in Japan. *Brassica* crops and wild allies. Jap. sci. soc. press. Tokyo. P. 191—201.

40. Nishi, S. 1980. Differentiation of *Brassica* crops in Asia and the breeding of HAKURAN, a newly synthesized leafy vegetable. *Brassica* crops and wild allies. Jap. Sci. Soc. press. Tokyo. P. 145—149.

41. Röbbelen, G. 1966. Beobachtung bei interspezifischen Brassica-kreuzungen, insbesondere über die Entstehung matromorpher F_1 — Pflanzen. Angewandte Botanik. 39(6):205—221.

42. Sinskaia, E. N. 1927. Geno-systematical investigation of cultivated *Brassica.* Bull. Appl. Bot. Gen. Pt. Breed., 17 (No. 1) 1—166.

43. Sinskaia, E. N. 1928. The oleiferous plants and root crops of the family

Crucifereae. Bull. Appl. Bot. Gen. Pt. Breed., 19(3):1—148.

44. Shimizu, S., K. Kanazawa., and T. Kobayashi. 1962. Studies on the breeding of chinese cabbage for resistance soft rot. Bull. Hort. Res. Sta. Japan, Ser, A, 1:157—174.

45. Terasawa, Y. 1932a. Konstante amphidiploid *Brassica-raphanus* Bastard. Proc. Imp. Acad. Jap., 8:312—314.

46. Terasawa, Y. 1932b. 體菜と大根との交配より育成したるテトラプロイド雜種 Jap. J. Gen. 7:183—185.

47. Thompson, K. F. and J. P. Taylor. 1966. Non-linear dominance relationships between S-alleles. Heredity. 21:345—362.

48. U. N., 1935. Genome-analysis in *Brassica* with special reference to the experimental formation of *B. napus* and peculiar mode of fertilization. Jap. J. Bot., 7:389-452.

Proc. Symp. Product. Insect Contr. Crucifer. Veget.: 174~193 (1981)

Breeding of Cruciterous Vegetables in Principle and Practice

Tzay-Fa, Sheen

Fengshan Tropical Horticultural Experiment Station, TARI
Fengshan, Kaohsiung Hsien, Taiwan 830

Summary

General introduction to interspecific and intergeneric hybridization, and the utilization of self-and cross-incompatibilty in production of F_1 hybrid in cruciferous vegetables were discussed.